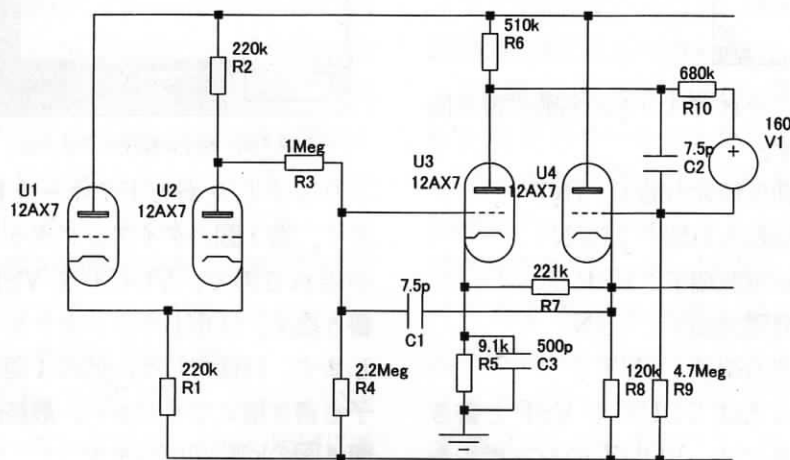
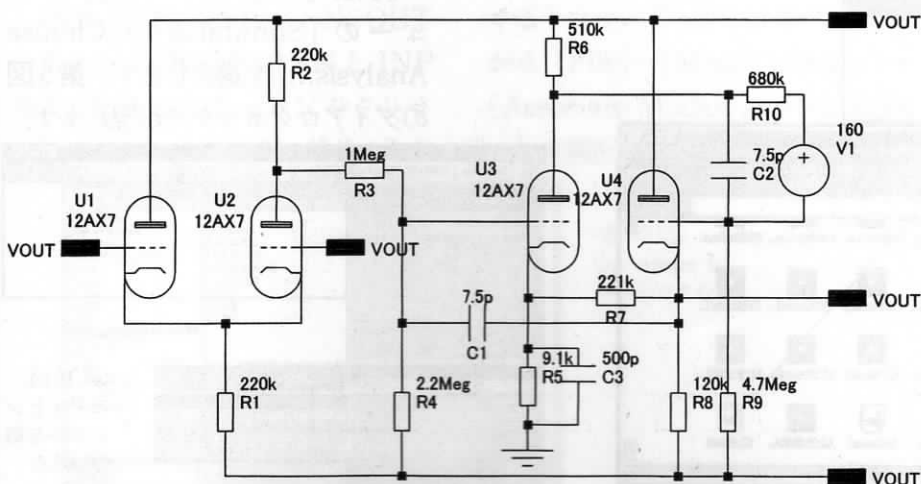
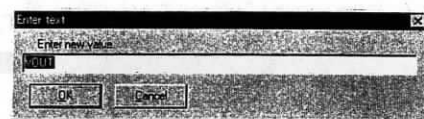
実験トランジスタ・アンプ設計講座

黒田 徹

●実用技術編

第10章 回路シミュレータSPICE入門（19）

K 2-Wのサブサーキットを作る

1953年に発売された真空管オペアンプK 2-Wは，半導体オペアンプと同じように使うことができます．初期の半導体オペアンプ，たとえばμA 709やμA 741は，K 2-Wに取って代わるべく開発されたICですから，これらのICオペアンプにできることがK 2-Wにできないはずはありません．そこで，K 2-W

〈第1図〉真空管オペアンプ・モジュールK 2-Wの全回路

〈第2図〉第1図の回路にサブサーキット用の端子をつける

〈第3図〉VOUTをVSPに書き換える

をサブサーキットに収め，一般のオペアンプと同じシンボルを割り当てることにします．

(1) サブサーキットのネット・リスト

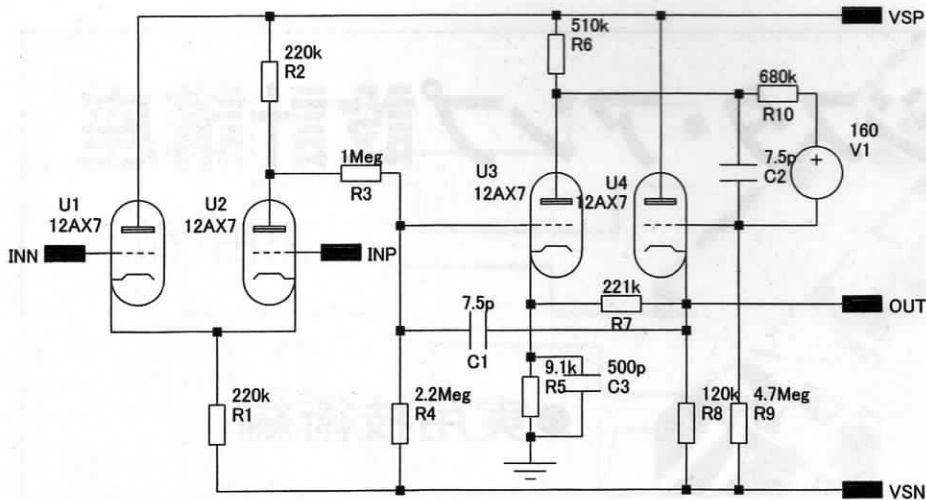
サブサーキットは一般に次の形式

```
.SUBCKT 〈名前〉〈ノード〉
接続状態の記述
.ENDS
```

のネット・リストです．通常，ネット・リストはユーザーが記述しますが，SIMetrixは回路図からネット・リストを抽出し，自動的にサブサーキットを作成する機能を持っています．

それでは，回路図からサブサーキットを作成しましょう．

[手順1]：SIMetrix.exeを起動し，**第1図**の回図（2004年6月号の第8図から入力端子，出力端子，電源端子を除いたもの）を作成します．

[手順2] 端子を配置する：**第1図**の回路にサブサーキット用の入力端子，出力端子，電源端子をつけます．すなわちメニューから［Hierarchy］→［Place Module Port］をクリックして現れた端子シンボルを**第2図**のように配置します．この端子は一般回路用の端子とは異なりま

〈第4図〉端子にINP, INN, VSP, OUT, VSNという名前をつけたK 2-Wの最終回路

〈第5図〉解析の設定. 実は解析をしないという設定になっている

```
.subckt K2-W INP INN VSP VSN OUT
X$U2 R2_N INP U1_Cathode 12AX7
X$U3 U3_Anode R3_P U3_Cathode 12AX7
X$U1 VSP INN U1_Cathode 12AX7
R8 OUT VSN 120k
V1 R10_P C2_N 160
R9 C2_N VSN 4.7Meg
X$U4 VSP C2_N OUT 12AX7
C2 U3_Anode C2_N 7.5p
C3 U3_Cathode 0 500p
R10 R10_P U3_Anode 680k
C1 OUT R3_P 7.5p
R4 R3_P VSN 2.2Meg
R5 U3_Cathode 0 9.1k
R6 VSP U3_Anode 510k
R7 OUT U3_Cathode 221k
R1 U1_Cathode VSN 220k
R2 VSP R2_N 220k
R3 R3_P R2_N 1Meg
.ends K2-W
```

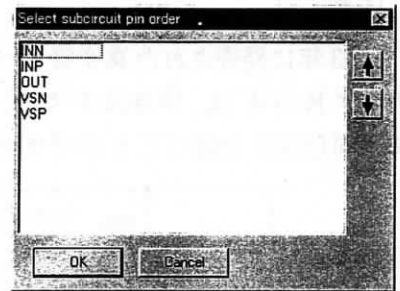
〈第8図〉作成されたK 2-Wサブサーキットのネットリスト

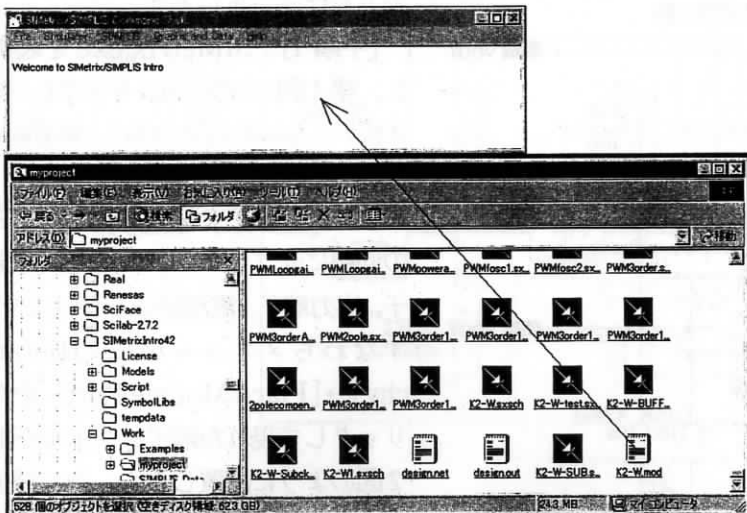
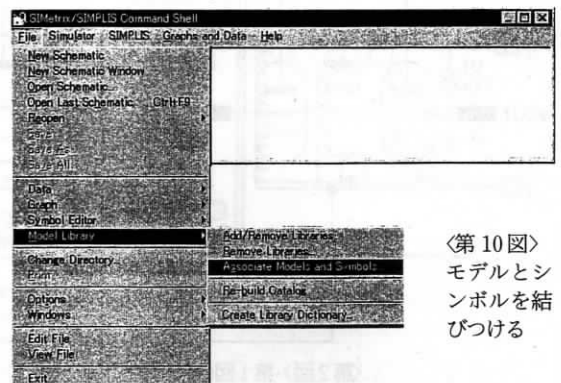
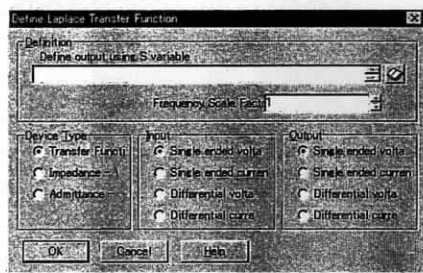
〈第6図〉テキスト入力ボックスにK 2-Wと入力する. これがサブサーキットの名前になる

〈第7図〉端子の順序を設定する

す. ちなみに一般回路用端子は, メニューの [Place]→[Connectors]→[Terminal] をクリックして配置します. **第2図**に示すように, サブサーキット用端子は一般回路用端子とデザインが違います.

[手順3] 端子に名前を付ける：**第2図**の回路に配置した5個の端子は既定の名前 (VOUT) がついていますが, それぞれつぎの名前に書き換えます.

非反転入力端子：INP
反転入力端子：INN
正電源端子：VSP
負電源端子：VSN
出力端子：OUT

たとえばVOUTをVSPと書き換えるには, VOUTのシンボルをクリックしたあとF7キーを押します. **第3図**のダイアログボックスが現れるので, VOUTをVSPに書き換え, [OK] ボタンをクリックします. 同様にして, 他の4個の端子も書き換えてください. 最終的に**第4図**の回路図にします.

[手順4] 解析OFFの確認：メニューの [Simulator]→[Choose Analysis...] を選択します. **第5図**のダイアログボックスが現れます.

〈第9図〉ファイルK 2-W. modをコマンド・シェルにドロップ＆ドラッグする

〈第10図〉モデルとシンボルを結びつける

〈第 20 図〉伝達関数を定義するダイアログボックス

[Parameterised Opamp] を選択して回路図に貼り付けます．貼り付けたオペアンプのシンボルをクリックして選択し，F 7 キーを押してください．第 18 図のウィンドウが開きます．このウィンドウで，オペアンプのつぎのパラメータを設定できます．

入力オフセット電圧，入力オフセット電流，入力バイアス電流，オープン・ループ・ゲイン，利得帯域幅積，スルー・レート，電源変動除去比(PSRR)，同相信号除去比 (CMRR)，オープン・ループ出力抵抗，オープン・ループ差動入力抵抗，最大出力電圧，消費電力

なお，既定値は汎用オペアンプ相当です．第 18 図の設定を変更しないで，[OK] ボタンをクリックしてください．そして第 19 図の回路を作成します．理想バッファはラプラス伝達関数を用しています．メニューから [Place]→[Analog Behavioural]→[Laplace transfer Fuction...]を選択してください．第 20 図のダイアログボックスが開くので，Definition 入力ボックスに 1 と入力し，[OK]ボタンを押します．これでゲイン＝1 倍の理想バッファになります．

(1) AC 解析

つぎにメニューから [Probe AC/Noise]→[Bode Plot Probe] を選択し，第 19 図のように貼り付けます (Bode Plot Probe の詳細は 2003 年 4 月号を参照してください)．

〈第 21 図〉第 19 図のオペアンプのオープン・ループ・ゲインのボーデ線図

〈第 22 図〉非反転増幅回路

AC 解析を実行すると，第 21 図のグラフ，すなわちオペアンプのオープン・ループ・ゲインのボーデ線図が得られます．第 21 図の周波数特性から，オープン・ループ・ゲイン＝100 dB，利得帯域幅積＝1 MHz とわかります．たしかに，第 18 図のパラメータ

Open-loop Gain＝100 k [倍]

Gain-bandwidth＝1 Meg [Hz]

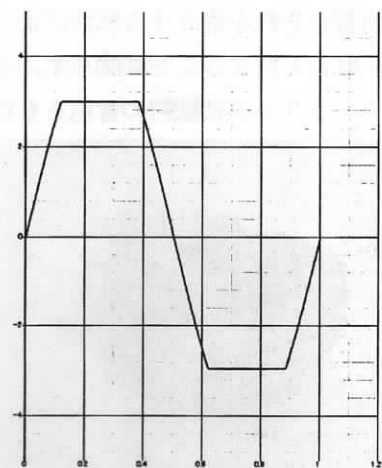
とよく合っています．

(2) 過渡解析

第 20 図の回路を第 22 図のように変更してください．入力信号は片ピーク振幅＝0.4 V，周波数＝1 kHz の正弦波です．過渡解析を実行すると第 23 図のグラフが得られます．出力電圧は±3 V で飽和しています．すなわち，最大出力電圧は電源電圧より 2 V 低いことがわかります．低下分の 2 V は，第 18 図の

Headroom Pos.: 2 [V]

Headroom Neg.: 2 [V]

によって生じたものです．

〈第 23 図〉第 22 図の回路の出力電圧波形

◆参考文献

K 2-W データシート (http://www.national.com/rap/images/BBB2.jpg)